



TUGAS AKHIR - TE 141599

***UNMANNED SURFACE VEHICLE* UNTUK Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan ARDUPILOT MEGA**

Dedy Permana
NRP 07111645000054

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TE 141599

***UNMANNED SURFACE VEHICLE* UNTUK Mencari Lokasi
Tumpahan Minyak Menggunakan ARDUPILOT MEGA**

Dedy Permana
NRP 07111645000054

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

UNMANNED SURFACE VEHICLE FOR SEARCHING OIL SPILL USING ARDUPILOT MEGA

Dedy Permana
NRP 07111645000054

Advisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Unmanned Surface Vehicle untuk Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan Ardupilot Mega*" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 26 Juni 2018



Dedy Permana
NRP 07111645000054

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**UNMANNED SURFACE VEHICLE UNTUK
MENCARI LOKASI TUMPAHAN MINYAK
MENGUNAKAN ARDUPILOT MEGA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 196904261994031003

NIP. 198103252010121002



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

UNMANNED SURFACE VEHICLE UNTUK Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan Ardupilot Mega

Nama : Dedy Permana

Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

Pembimbing II : Astria Nur Irfansyah, S.T., M. Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Minyak adalah sumber energi yang sering digunakan dalam dunia industri. Akhir-akhir ini penggunaan minyak meningkat yang dapat menyebabkan meningkatnya polusi minyak di perairan akibat dari tumpahan minyak mentah. Meningkatnya polusi minyak ini menjadi perhatian yang cukup serius di bidang lingkungan hidup. Akibat adanya polusi minyak ini menyebabkan sektor pariwisata kelautan menjadi tidak optimal dan dapat mencemari lingkungan laut. Pada penelitian ini telah dibuat suatu alat untuk mendeteksi tumpahan minyak di perairan berupa *Unmanned Surface Vehicle* (USV) yang dapat menyisir area dengan waypoint tertentu untuk mendeteksi lokasi dari tumpahan minyak. USV ini dilengkapi dengan sensor berupa sensor resistif yang digunakan untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak di perairan. Agar USV dapat berjalan secara autonomus, maka digunakan Global Positioning System (GPS) untuk mengetahui keberadaan USV dan lokasi tumpahan minyak. GPS yang digunakan adalah tipe ublox neo 6m. IMU sensor MPU6000 digunakan untuk mengetahui arah dan kecepatan dari USV. Untuk mikrokontroler yang digunakan adalah Ardupilot Mega karena memiliki fitur yang meliputi sensor barometer, akselerometer, gyrometer dan magnetometer. USV dapat mendeteksi lokasi tumpahan minyak dengan metode *waypoint* yang diberikan pada ardupilot mega dengan ketebalan minyak minimal 3mm dan maksimal 40mm. Jarak antara lokasi yang dikirim GPS dengan lokasi sesungguhnya bergeser sejauh 30cm. USV ini mampu mengirimkan data-data tersebut secara *real time*.

Kata Kunci : Ardupilot mega, navigasi *waypoint*, sensor air, tumpahan minyak.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

UNMANNED SURFACE VEHICLE FOR SEARCHING OIL SPILL USING ARDUPILOT MEGA

Name : Dedy Permana

Advisor 1st : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

Advisor 2nd : Astria Nur Irfansyah, S.T., M. Eng., Ph.D.

ABSTRACT

Fossil fuel is a common energy source used in the industrial world. The increasing use of fossil fuel can cause an increase in oil spill pollution in the waters. This increase in fossil fuel pollution is a huge environmental concern. It has negative impact to marine tourism, and damages the sea environment. In this final project, a device to detect oil spill in the form of an Unmanned Surface Vehicle (USV) had been made, able to sweep and scan a certain area in order to locate oil spills. This USV is equipped with a resistive sensor to detect oil spills in the waters. In order for the USV to run autonomously, Global Positioning System (GPS) is used to track the location of the USV and record the position of an oil spill incident. The GPS device used is a Ublox Neo 6M. An IMU sensor, MPU6000, is used to detect the orientation and speed of the USV. The microcontroller is an Ardupilot Mega, chosen for its features such as barometric sensor, accelerometer, gyrometer, and magnetometer. USV can detect the location of oil spills by waypoint method given to mega ardupilot with minimum oil thickness of 3mm and maximum oil thickness of 40mm. The distance between the location sent by the GPS and the actual location is shifted by 30cm. USV is able to transmit the data in real time.

Keywords : Ardupilot mega, oil spill, water sensor, waypoint navigation.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Penelitian ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

UNMANNED SURFACE VEHICLE UNTUK Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan ARDUPILOT MEGA

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penelitian ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak kendala tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih, rasa hormat dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Bapak Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. dan Bapak Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing dalam mata kuliah Tugas Akhir. Bapak Hendra Kusuma, Ir., M.Eng.Sc., Dr., Totok Mujiono, Ir., M.IKom. dan Muhammad Attamimi, B.Eng, M.Eng, Ph.D. selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir. Rekan-rekan Laboratorium B402 yang selalu memberi motivasi dan dukungan selama di pengerjaan penelitian ini. Serta keluarga penulis yang selalu mendoakan penulis agar diberi kelancaran dalam menempuh perkuliahan.

Seperti kata pepatah, “Tiada gading yang tak retak.” penulis menyadari bahwa pembuatan dan penyusunan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bentuk perbaikan untuk proyek akhir ini kedepannya. Penulis berharap semoga proyek akhir ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, 26 Juni 2018

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Karakteristik Minyak	7
2.2 Sensor Konduktivitas	7
2.2.1 Elektrolit kuat	8
2.2.2 Elektrolit lemah	8
2.3 Kapal dengan Lambung <i>multihull</i>	9
2.4 Mekanik Kemudi Kapal	10
2.4.1 <i>Rudder</i> kapal	10
2.4.2 <i>Propeller</i> kapal	11
2.5 Aktuator Kendali Kapal	11
2.5.1 Motor <i>brushless</i> DC (BLDC)	11
2.5.2 Motor servo DC	12
2.5.3 <i>Electronic Speed Control</i>	13
2.6 Modul Ardupilot Mega	14
2.7 Modul Arduino Uno	15
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN	17

3.1 Perancangan Mekanik	17
3.1.1 Perancangan lambung (<i>hull</i>) kapal.....	17
3.1.2 Perancangan kemudi kapal.....	19
3.2 Perancangan Sistem Elektrik Kapal	20
3.2.1 Digital kompas	21
3.2.2 GPS	21
3.2.3 Sensor Pendeteksi Minyak	21
3.3 Perancangan Sistem Navigasi <i>Waypoint</i>	21
3.3.1 Sistem navigasi <i>waypoint</i>	22
3.3.2 Sistem navigasi manual.....	23
3.4 Perancangan Sensor Pendeteksi Minyak di Perairan	23
3.5 Perancangan Sistem Komunikasi Kapal dengan <i>Ground Control Station</i>	25
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	29
4.1 Pengujian Lambung Kapal	29
4.2 Pengujian Sistem Aktuator	30
4.3 Pengujian Navigasi <i>Waypoints</i> Ardupilot Mega	32
4.4 Pengujian Sensitivitas Sensor Pendeteksi Minyak.....	34
4.5 Pengujian Sensor Pendeteksi Minyak	35
4.6 Pengujian Komunikasi <i>Radio Telemetry</i>	38
4.7 Pengujian Keseluruhan Sistem	38
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49
1. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Pertamina.....	49
2. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Pertamina Plus.....	51
3. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Bio Solar	53
4. List Program pada Arduino Uno	55
5. Tampilan Pengaturan <i>Waypoint</i>	56
RIWAYAT HIDUP	59

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1.1 Contoh minyak tumpah di perairan laut.	2
Gambar 2.1 Pergerakan ion terhadap elektroda.	7
Gambar 2.2 Kapal dengan jenis lambung katamaran.	9
Gambar 2.3 Jenis kemudi pada kapal.	10
Gambar 2.4 Contoh baling-baling kapal.	11
Gambar 2.5 Konstruksi BLDC motor.	12
Gambar 2.6 Motor servo.	13
Gambar 2.7 Prinsip kerja motor servo.	13
Gambar 2.8 Skema rangkaian ESC.	14
Gambar 2.9 Konstruksi Ardupilot mega.	14
Gambar 2.10 <i>Mission planner</i>	15
Gambar 2.11 Arduino uno	15
 Gambar 3.1 Desain lambung kapal.	 17
Gambar 3.2 Kerangka lambung kapal.	18
Gambar 3.3 Lambung kapal yang telah jadi.	18
Gambar 3.4 Penempatan <i>rudder</i> dan <i>propeller</i> pada kapal.	19
Gambar 3.5 Perancangan sistem kemudi kapal.	19
Gambar 3.6 (a) Blok diagram sistem elektrik pada USV.	20
Gambar 3.7 Hasil perancangan modul ardupilot yang terintegrasi dengan aktuator kapal.	22
Gambar 3.8 Penentuan <i>waypoints</i> menggunakan aplikasi mission planner.	22
Gambar 3.9 Perancangan fungsi kanal pada remote kontrol.	23
Gambar 3.10 Modul sensor kelembaban tanah YL-69.	24
Gambar 3.11 Rangkaian pembagi tegangan.	25
Gambar 3.12 Perancangan modul sensor pada arduino uno.	25
Gambar 3. 13 Blok diagram sistem komunikasi ardupilot mega dengan <i>ground control station</i>	26
Gambar 3.14 Penempatan modul <i>radio telemetry</i> pada kapal.	26
Gambar 3.15 Pemasangan modul telemetry pada <i>ground control staiton</i>	27

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 4.1 Data pengujian pembebanan pada kapal.	30
Tabel 4.2 Data pengujian perubahan sudut motor servo.	31
Tabel 4.3 Data pengujian sensor pendeteksi minyak.	35
Tabel 4. 4 Hasil pengujian komunikasi <i>radio telemetry</i>	38
Tabel 4.5 Hasil pengujian navigasi	39
Tabel 4.6 Hasil pengujian pendeteksian minyak di air.....	40

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai sumber energi yang sering digunakan, minyak sangat banyak permintaannya. Produk minyak memainkan peranan yang penting dalam bidang industri terutama transportasi. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan minyak menjadi meningkat menyebabkan meningkatnya polusi minyak di perairan [1]. Polusi ini dapat disebabkan dari kecelakaan kapal tanker, kebocoran dari tangki bahan bakar kapal maupun pengeboran minyak lepas pantai [2].

Dikutip dari kompas.com pada tanggal 6 Januari 2017 [3], telah terjadi tabrakan kapal tanker yang menyebabkan 300 ton minyak tumpah. Tumpahan minyak dari kapal tanker tersebut dapat terbawa arus hingga memasuki wilayah perairan Indonesia. Dari kasus tersebut, masih belum diketahui pasti lokasi dari tumpahan minyak yang memasuki wilayah perairan Indonesia. Selama ini mengetahui lokasi tumpahan minyak menggunakan *Synthetic Aperture Radar* (SAR atau Satelit Citra) [4]. Dimana untuk mendapatkan data dari pengolahan citra ini memerlukan pemrosesan data yang cukup rumit. Adapula yang menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV atau pesawat tanpa awak) dengan menggunakan kamera sebagai pendeteksi cairan minyak yang berwarna hitam[1]. Sistem UAV ini memiliki kelemahan yaitu apabila mendeteksi benda hitam selain minyak yang berada di perairan akan dianggap seperti ada minyak serta tidak dapat memproses data secara *real time*. Hal ini dapat memberikan informasi yang kurang akurat.

Dari permasalahan diatas akan dibuat sebuah *USV* yang dapat menyisir sebuah lokasi untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak di perairan yang kemudian akan mengirimkan koordinat dari lokasi tumpahan minyak tersebut kepada *Ground Control Station* serta diharapkan membantu dalam menangani kasus-kasus pencemaran lingkungan, khususnya dalam hal polusi minyak di perairan.



Gambar 1.1 Contoh minyak tumpah di perairan laut.

1.2 Permasalahan

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang *platform Unmanned Surface Vehicle (USV)* dapat berjalan secara autonomus.
2. Bagaimana *USV* ini dapat mendeteksi adanya tumpahan minyak di perairan.
3. Bagaimana cara mengirimkan data lokasi tumpahan minyak pada *ground control station*.
4. Apakah *USV* ini lebih efisien dan lebih murah daripada sistem pendeteksi tumpahan minyak yang sudah ada.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pengujian kapal menggunakan 1 buah sensor.
2. Lokasi pengujian sistem *USV* dilakukan di danau 8 ITS.
3. Pengujian sensor dilakukan dalam skala laboratorium.
4. Minyak yang digunakan adalah bahan bakar minyak jenis pertalite.
5. Sistem pengaturan parameter navigasi pada *USV* menyesuaikan dengan kondisi area navigasi.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain *Unmanned Surface Vehicle* (USV) menggunakan *hull catamaran* dan menggunakan *rudder*.
2. Membuat sensor yang dapat mengetahui adanya tumpahan minyak di perairan.
3. Membuat komunikasi antara *Unmanned Surface Vehicle* (USV) dengan *ground control station* menggunakan radio telemetry 915MHz.
4. Membuat *low-cost USV* dan dapat menjadi lebih efisien dari sistem yang sudah ada.

1.5 Metodologi Penelitian

Perancangan *unmanned surface vehicle* untuk mencari tumpahan minyak menggunakan arduino mega terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi literatur USV dan sensor pendeteksi minyak.

Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan penelitian. Selain itu dilakukan pula penelusuran informasi melalui jurnal ilmiah, artikel-artikel dari internet dan forum-forum diskusi. Informasi yang dikumpulkan adalah mengenai berikut:

- a. Pustaka yang berkaitan dengan penelitian ilmiah yang sudah dilakukan.
- b. Ardupilot mega sebagai kontroler dari *Unmanned Surface Vehicle* yang dapat dijalankan secara *autonomous*.
- c. Sifat minyak dapat diukur secara resistif atau kapasitif sebagai penentuan sensor yang akan digunakan.
- d. Penggunaan sensor resistif atau kapasitif sebagai pendeteksi adanya minyak di perairan.
- e. Pengintegrasian antara ardupilot mega dengan arduino uno.

2. Perancangan *Hull USV*

Tahap perancangan *Hull USV* merupakan tahap pembuatan *prototype unmanned surface vehicle*. USV yang akan digunakan adalah USV dengan tipe *hull catamaran*.

3. Perancangan dan pengujian modul sensor.

Tahap perancangan dan pengujian modul sensor merupakan tahap pembuatan dari rangkaian sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi adanya minyak pada air.

4. Perancangan dan pengujian USV secara *Autonomous*.

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pengujian USV secara *autonomous*. Perancangan dilakukan untuk menghubungkan komponen-komponen yang digunakan pada USV. Komponen yang digunakan adalah Ardupilot mega sebagai pengendali USV secara *autonomous*, GPS eksternal, radio telemetry, servo, ESC dan *receiver remote control*.

Untuk pengujian USV secara *autonomous* dilakukan di danau 8 ITS dengan memberikan titik *waypoint* dengan lintasan tertentu dan mengelilingi danau 8 ITS.

5. Perancangan software.

Pada tahap ini dilakukan perancangan pengembangan pemrograman.

6. Perancangan keseluruhan sistem

Setelah melakukan riset dari referensi yang berkaitan dengan pengerjaan penelitian ini, langkah berikutnya adalah melaksanakan perancangan sistem yang akan digunakan dalam implementasi *hardware*. Pada tahap ini digabungkan antara perancangan *hardware* dan perancangan *software*.

7. Pengujian dan perbaikan sistem.

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap *Unmanned Surface Vehicle* dengan menjalankan keseluruhan fungsi. Analisa dilakukan untuk memperbaiki alat yang dijumpai.

8. Penulisan laporan penelitian.

Tahap penulisan laporan penelitian dilakukan beriringan dengan pengerjaan realisasi penelitian.

9. Pembuatan POMITS.

Pada tahap ini akan dibuat sebuah jurnal tentang penelitian yang telah dibuat dan diupload pada website POMITS.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan penelitian ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan, menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah dan batasannya. Bab ini juga membahas mengenai tujuan penelitian, metodologi, sistematika laporan, dan relevansi dari penelitian yang dilakukan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan mengenai komponen *hardware* maupun *software* pendukung pada penelitian ini, diantaranya: karakteristik minyak, sensor konduktivitas, jenis kapal berdasarkan lambung, mekanik kemudi kapal, aktuator kendali kapal, ardupilot mega, dan mengenai arduino uno.

Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat

Pembahasan yang dilakukan pada bab ini, mengenai perancangan sistem secara keseluruhan meliputi perancangan dan pembuatan mekanik kapal, perancangan dan pembuatan sistem elektrik kapal, perancangan *embedded software*, perancangan dan pembuatan sensor pendeteksi minyak, perancangan komunikasi kapal dengan *ground control station*.

Bab IV Pengujian dan Analisa

Hasil dari perancangan sistem USV dan pembuatan sensor akan dibahas secara lengkap pada bab ini.

Bab V Penutup

Pada bagian bab penutup, dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan membantu dalam bidang perairan untuk merancang USV agar dapat mencari lokasi tumpahan minyak.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

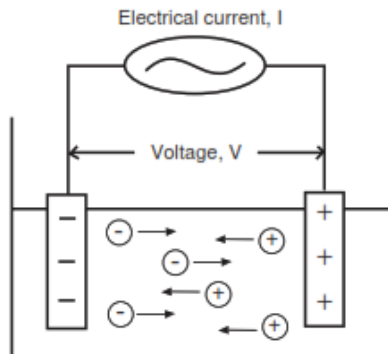
Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa teori penunjang pada penelitian ini, seperti karakteristik minyak, pendeteksian minyak yang ada di air, *Unmanned Surface Vehicle* (USV) yang dapat berjalan secara *autonomous* beserta komponennya.

2.1 Karakteristik Minyak

Minyak adalah istilah umum untuk segala cairan organik yang tidak bercampur dengan air namun larut pada pelarut organik [5]. Minyak mempunyai molekul yang bersifat non polar. Molekul non polar yang diberi medan listrik luar akan mengakibatkan sebagian muatan terinduksi dan menghasilkan momen dipol yang besar dan arahnya sebanding dengan medan listrik luar [6].

Sifat listrik dari setiap bahan memiliki nilai yang khas dan besarnya ditentukan oleh sifat dari bahan tersebut, seperti komposisi bahan, ikatan molekul, kandungan air, dan kondisi lainnya. Pengukuran sifat listrik dapat digunakan untuk mengetahui suatu keadaan dan kondisi dari suatu bahan, menentukan kualitas bahan dan pengukuran kadar air secara non destruktif [6].

2.2 Sensor Konduktivitas



Gambar 2.1 Pergerakan ion terhadap elektroda.

Sensor konduktivitas dapat digunakan sebagai alat ukur daya hantar listrik dari suatu fluida. Sebagai contoh alat ini berperan penting dalam kelancaran proses, oleh karenanya sensor ini dapat mengukur, mengontrol, mendeteksi dan menganalisa suatu input dengan baik dan benar [7].

Konduktivitas dapat diukur dengan memberikan arus pada dua elektroda yang ditenggelamkan pada larutan dan mengukur resultan tegangannya. Pada proses ini, kation akan menuju kearah elektroda negatif, anion akan menuju kearah elektroda positif dan larutan menjadi konduktor listrik seperti terlihat pada Gambar 2.1.

Konduktivitas umunya diukur pada larutan elektrolit. Elektrolit adalah substansi yang mengandung ion, sebagai contoh larutan garam atau senyawa yang terionisasi dalam larutan. Ion yang terbentuk dalam larutan bertugas untuk membawa arus listrik. Elektrolit berisi asam, basa dan garam dan bisa juga bersifat kuat atau lemah. Sebagian besar larutan konduktif yang terukur adalah larutan encer, karena air memiliki kemampuan menstabilkan ion yang terbentuk oleh proses yang disebut solvasi.

2.2.1 Elektrolit kuat

Elektrolit kuat adalah zat yang terionisasi penuh dalam larutan. Sebagai hasilnya, konsentrasi ion dalam larutan adalah sebanding dengan konsentrasi yang ditambahkan, termasuk ion padat dan asam kuat seperti HCl.

Larutan dari elektrolit kuat menghantarkan listrik karena adanya pergerakan ion positif dan negatif secara besar-besaran dibawah pengaruh medan listrik.

2.2.2 Elektrolit lemah

Elektrolit lemah adalah zat yang tidak terionisasi secara penuh dalam larutan. Sebagai contoh, asam asetat sebagian besar berdisosiasi menjadi ion asetat dan ion hidrogen, sehingga larutan asam asetat mengandung kedua molekul dan ion. Sebuah larutan elektrolit lemah dapat menghantarkan listrik, namun umumnya tidak sebaik elektrolit kuat karena hanya ada sedikit ion yang bergerak dari satu elektrode ke elektrode yang lain.



Gambar 2.2 Kapal dengan jenis lambung katamaran.

2.3 Kapal dengan Lambung *multihull*

Lambung kapal (*hull*) merupakan bagian dari kapal. Lambung kapal memberikan daya apung agar kapal tidak tenggelam. Rancang bangun kapal merupakan hal yang penting dalam membuat kapal karena perancangan ini berkaitan dengan pelabuhan yang akan disinggahi dan kedalaman jalur pelayaran yang akan dilalui oleh kapal tersebut [8].

Kapal multi lambung disebut dengan nama *catamaran* untuk kapal dengan lambung ganda dan *trimaran* untuk kapal dengan tiga lambung. Kapal ini mempunyai lambung yang besar, mempunyai kecepatan yang beragam, dari kapal dengan berkecepatan tinggi hingga rendah. Baik untuk penelitian di perairan laut karena lambung gandanya membuat kapal ini lebih stabil ketika terkena ombak. Katamaran sendiri berasal dari bahasa Tamil India “*Kattumaram*” yang berarti kayu yang disatukan dan memiliki dua buah lambung [9].

Katamaran memiliki kestabilan yang sangat baik, sehingga membuat para desainer kapal dan pembuat kapal banyak melirik untuk membuat kapal jenis ini. Sampai saat ini jenis kapal ini banyak digunakan untuk kapal penumpang, perahu layar, dan beberapa perahu nelayan juga menggunakan kapal jenis ini. Keuntungan lain dari kapal jenis ini adalah kapal ini memiliki badan yang sangat lebar karena jembatan antar lambungnya dapat digunakan sebagai tempat muatan seperti pada Gambar 2.2 [10].

Dalam perkembangannya, katamaran dikembangkan menjadi trimaran dimana kapal ini memiliki tiga lambung [11]. Tetapi biasanya

kapal trimaran ini hanya digunakan untuk tujuan olahraga, bukan untuk kapal pembawa penumpang.

2.4 Mekanik Kemudi Kapal

Mekanik kemudi kapal terdiri dari dua komponen utama yaitu *rudder* kapal sebagai pengendali belok pada kapal dan *propeller* yang dihubungkan dengan motor untuk mengatur kecepatan dari kapal.

2.4.1 Rudder kapal

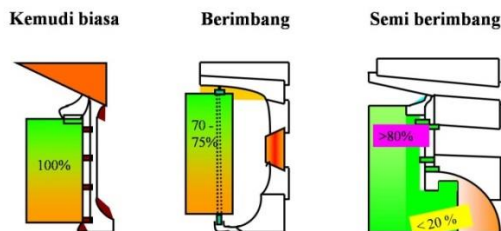
Daun kemudi pada kapal (*rudder*) adalah alat untuk mengubah arah gerak kapal dengan cara mengubah arah arus air yang mengakibatkan perubahan arah kapal. Kemudi ini ditempatkan di ujung belakang lambung/buritan kapal di belakang baling-baling dan digerakkan secara mekanis. Berikut merupakan beberapa contoh jenis kemudi kapal yang umum seperti pada Gambar 2.3 [12].

a. Kemudi biasa

Kemudi biasa adalah sistem kemudi yang seluruh daun kemudinya (*rudder*) berada dibelakang poros putarnya. Kemudi seperti ini umumnya dipakai pada kapal kecil dan yang menggunakan baling-baling tunggal. Kemudi biasa plat tunggal daun kemudinya terdiri dari pelat tunggal saja dan kemudi biasa plat ganda daun kemudinya terdiri dari lembaran pelat berganda sehingga di dalamnya berbentuk rongga.

b. Kemudi berimbang

Kemudi berimbang adalah kemudi yang sebagian daun kemudinya berada dibelakang poros putarnya, sedangkan sebagian kecil berada di depan poros putarnya berkisar antara 20-30% dari total daun kemudi (*rudder*).



Gambar 2.3 Jenis kemudi pada kapal.



Gambar 2.4 Contoh baling-baling kapal.

c. **Kemudi semi berimbang**

Kemudi semi berimbang merupakan pengembangan dari kemudi berimbang namun daun kemudi yang berada di depan poros putar lebih kecil 20% dari total daun kemudi.

2.4.2 Propeller kapal

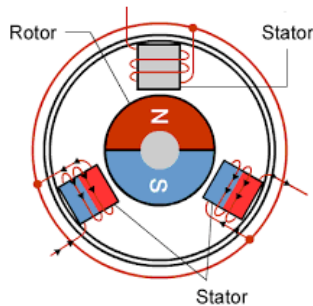
Propeller merupakan kumpulan sayap berputar yang dibentuk bengkok bertujuan agar menciptakan arah dari resultan gaya angkat dengan arah ke depan. Pada umumnya, *propeller* terdiri dua atau lebih bilah baling yang dihubungkan dengan *central hub* yang merupakan bagian dimana baling-baling kapal tersambung. *Propeller* berfungsi untuk mengubah gaya putar dari motor menjadi gaya propulsif sebagai gaya dorong (*thrust*) untuk sistem penggerak pada kapal [8]. Berikut contoh dari *propeller* kapal seperti terlihat pada Gambar 2.4 [13].

2.5 Aktuator Kendali Kapal

Aktuator yang digunakan sebagai pengendali dari mekanik kemudi prototype USV pada penelitian ini terdiri atas dua komponen utama yaitu motor *brushless* yang digunakan untuk menggerakkan *propeller* dan motor servo yang digunakan untuk menggerakkan *rudder* kapal.

2.5.1 Motor brushless DC (BLDC)

Brushless DC (BLDC motor) juga dikenal sebagai motor elektronik *commutated* (ECM, motor EC) adalah motor sinkron yang didukung oleh sumber listrik DC melalui *inverter/switching* catu daya yang terhubung dan menghasilkan sinyal listrik AC untuk menggerakkan motor [8]. Konstruksi motor *brushless* dapat dilihat pada Gambar 2.5 [14].



Gambar 2.5 Konstruksi BLDC motor.

Pada penelitian ini, BLDC digunakan sebagai motor utama penggerak kapal. Penggunaan BLDC motor ini didasarkan pada pertimbangan bahwa BLDC motor memiliki fitur berikut [15]:

- Memiliki efisiensi yang tinggi karena menggunakan rotor permanen magnet dan rugi-rugi sekunder yang kecil.
- Inersia rotor dapat dikurangi dan diperoleh respon kecepatan yang tinggi.
- Karena efisiensinya yang tinggi, memungkinkan untuk mengurangi ukuran motor menjadi lebih kecil.
- Fluktuasi kecepatan akibat perubahan beban kecil.

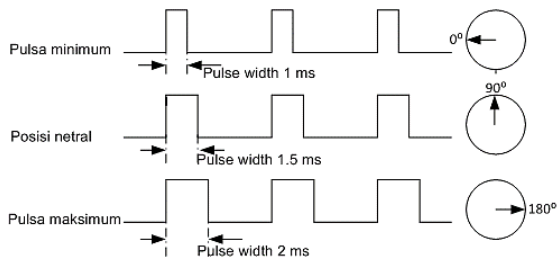
2.5.2 Motor servo DC

Motor servo adalah motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi putaran motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang terdapat didalam motor servo. Salah satu medan listrik pada motor servo dihasilkan oleh magnet permanen dan juga dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut.[8]

Jenis motor servo secara umum terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor servo standard dan motor servo continous seperti pada Gambar 2.6 [16]. Motor servo standard memiliki rotasi sebesar 180° . Motor servo jenis ini adalah jenis yang paling umum dimana putaran poros outputnya terbatas, 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Motor servo kontinyu merupakan jenis servo yang sama dengan servo standard namun perputarannya tanpa batas sudut tertentu.



Gambar 2.6 Motor servo.



Gambar 2.7 Prinsip kerja motor servo.

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi berupa *Pulse Wide Modulation* (PWM) melalui kabel kontrol seperti pada Gambar 2.7 [17]. Lebar pulsa dari sinyal PWM akan menentukan posisi sudut dari putaran poros motor servo. Ketika PWM diberikan, maka servo akan berputar pada sudut tertentu dan akan berhenti pada posisi tersebut dan akan bertahan pada posisi tersebut.

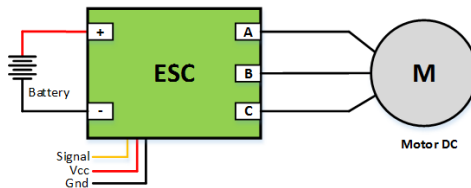
2.5.3 *Electronic Speed Control*

Untuk menggerakkan motor *brushless* diperlukan sebuah *electronic speed control* (ESC) yang berfungsi untuk mengatur arah putar dari motor BLDC dan sebagai pengatur kecepatan motor. ESC juga dapat digunakan untuk meningkatkan arus yang diperlukan oleh motor. ESC ini menghasilkan listrik 3 fasa tegangan rendah secara elektronik sebagai sumber dari motor BLDC. Kecepatan motor yang dihasilkan oleh ESC diatur oleh PWM yang diberikan oleh mikrokontroler [18]. Skema rangkaian ESC dengan motor terlihat pada Gambar 2.8.

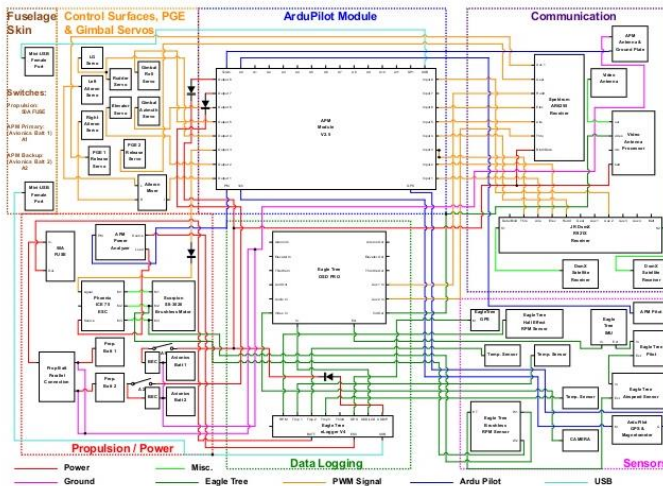
2.6 Modul Ardupilot Mega

Ardupilot mega (APM) adalah kontroler yang berbasis dari arduino mega dan *flight controller* yang berbasis *open source*. Modul ini dapat mengatur pesawat bersayap, helikopter, *multirotor*, maupun wahana yang berada di darat seperti kapal ataupun mobil. Ardupilot ini memiliki sistem kendali otomatis penuh untuk stabilisasi *waypoint based navigation*, dan komunikasi dua arah menggunakan telemetri. Konstruksi APM terlihat seperti pada Gambar 2.9 [19].

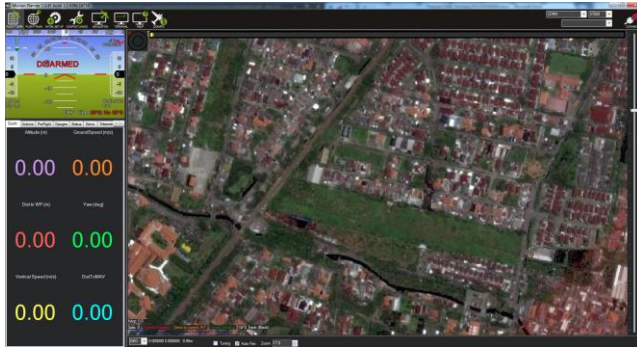
Modul APM yang digunakan dikombinasikan dengan perangkat modul eksternal berupa GPS neo-6m dan kompas digital. Serta terdapat komponen tambahan pada modul ardupilot berupa *radio telemetry* yang nantinya dapat berkomunikasi dengan PC (*ground control station*) sebagai media pengaturan parameter-parameter navigasi pada kapal [8], [20].



Gambar 2.8 Skema rangkaian ESC.



Gambar 2.9 Konstruksi Ardupilot mega.



Gambar 2.10 *Mission planner*.

Salah satu aplikasi yang telah disesuaikan dengan modul APM ini adalah *mission planner* yang digunakan sebagai aplikasi pengaturan dan penentu parameter *waypoint* untuk rute navigasi seperti terlihat pada Gambar 2.10 [21]–[23]. Sebagai contoh data yang dimasukkan adalah titik koordinat *longitude* dan *latitude* A dan memberi titik koordinat *longitude* dan *latitude* B, maka sistem APM akan mengatur kapal bergerak menuju titik A kemudian menuju titik B secara otomatis.

2.7 Modul Arduino Uno

Arduino adalah mikrokontroler yang bersifat *open-source* dirancang menggunakan prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman sendiri [24].

Arduino uno adalah mikrokontroler yang berbasis atmega 328p, memiliki 14 *digital input/output* pin dimana 6 pinnya dapat digunakan sebagai keluaran PWM, 6 masukan analog, kristal 16MHz, koneksi USB, port power, dan tombol reset seperti terlihat pada Gambar 2.11 [25]. “Uno” memiliki arti satu dalam bahasa Italia dan dipilih sebagai simbol dari peluncuran *Arduino Software (IDE)* [25].



Gambar 2.11 Arduino uno

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

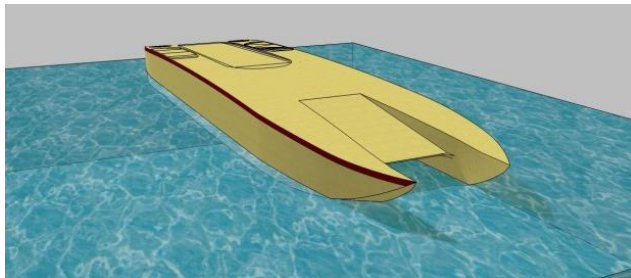
Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa tahapan yang dilakukan dalam merancang dan membuat penelitian ini dari segi mekanik, elektrik dan *software* yang akan diterapkan pada kapal tanpa awak (USV). Dalam menyelesaikan proyek akhir ini, diawali dengan mencari dan mempelajari beberapa teori yang terkait dengan konsep umum dan detail permasalahan yang diangkat dan target penyelesaian pada proyek akhir. Konsep utama dalam merancang dan membuat penelitian ini antara lain:

- a. Perancangan dan pembuatan mekanik kapal yang terdiri dari desain dan perancangan lambung serta pemasangan sistem aktuator.
- b. Perancangan dan pembuatan sistem elektrik kapal.
- c. Perancangan *embedded software* yang terdiri dari pengaturan parameter-parameter dari sistem navigasi *waypoint* pada kapal.
- d. Perancangan dan pembuatan sensor pendeteksi adanya minyak di perairan.
- e. Perancangan komunikasi antara kapal dengan *ground control station*.

3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada penelitian ini terdiri dari perancangan lambung kapal, serta sistem kemudi yang mengatur arah gerak pada kapal.

3.1.1 Perancangan lambung (*hull*) kapal



Gambar 3.1 Desain lambung kapal.

Perancangan lambung didesain dengan bentuk *multihull catamaran*, seperti pada Gambar 3.1. Bentuk lambung katamaran didesain untuk menghindari masalah stabilitas pada permukaan air, baik tenang maupun air berombak ringan.

Desain lambung kapal ini memiliki dimensi 98cm x 42cm x 17cm berbahan dasar kayu balsa dan lapisan serat fiber. Material dasar kayu balsa memiliki kelebihan yaitu mudah dalam merealisasikan rancangan desain kapal dan memiliki bobot yang ringan. *Payload* kapal didesain menyatu dengan lambung kapal dan kedap air yang bertujuan agar titik berat *payload* bertumpu pada bagian tengah kapal dan dapat menampung dan melindungi komponen elektrik dan baterai. Kerangka lambung kapal dengan menggunakan bahan dasar kayu balsa dapat terlihat pada Gambar 3.2. Bentuk fisik fisik lambung kapal yang telah dilapisi fiber dan telah di cat terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Kerangka lambung kapal.



Gambar 3.3 Lambung kapal yang telah jadi.

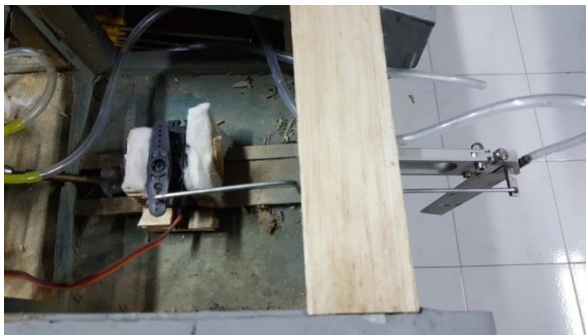
3.1.2 Perancangan kemudi kapal

Perancangan mekanik kemudi kapal mengadopsi sistem pendorong tunggal yang dipasang pada bagian belakang lambung seperti pada Gambar 3.4. Mekanik kemudi kapal terdiri atas *rudder* sebagai pengendali arah belok kapal dan *propeller* sebagai pengatur kecepatan laju kapal.

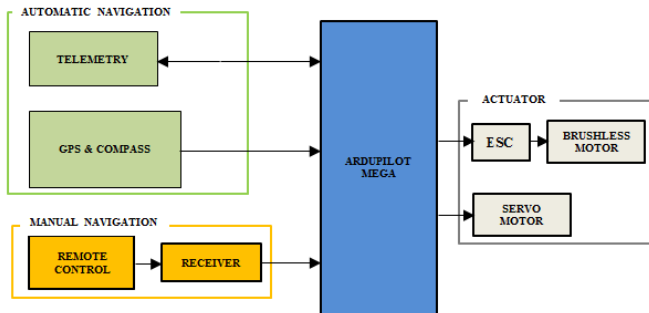
Pada pengaturan laju kapal, digunakan *propeller* dengan 2 daun. Sedangkan untuk mengatur arah jalan kapal, digunakan *rudder* dengan ukuran panjang 12cm dan lebar 3cm. Pengendalian mekanik kemudi kapal menggunakan motor *brushless* DC dan motor servo. Konstruksi untuk sistem pendorong kapal terdiri atas motor *brushless* DC, *shaft* dan *propeller* kapal. Sedangkan untuk pengendalian mekanik kemudi kapal, digunakan motor servo, tuas pengait *rudder* dan *rudder* seperti pada Gambar 3.5.



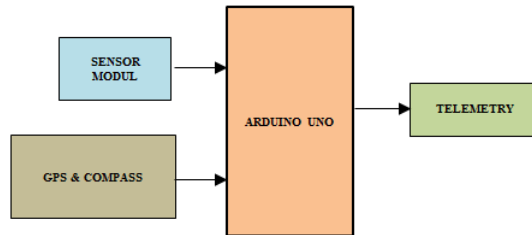
Gambar 3.4 Penempatan *rudder* dan *propeller* pada kapal.



Gambar 3.5 Perancangan sistem kemudi kapal.



(a)



(b)

Gambar 3.6 (a) Blok diagram sistem elektrik pada USV.
(b) Blok diagram sistem pendeteksi minyak.

3.2 Perancangan Sistem Elektrik Kapal

Perancangan sistem elektrik pada kapal tanpa awak (USV) ditunjukkan pada

Gambar 3.6. *Hardware* dirancang secara sederhana dan *compact*. Catu daya dihasilkan oleh baterai 11.1 Volt berjenis *Li-Po* berukuran 5000mAh.

Baterai *Li-Po* digunakan untuk memberi suplai tenaga pada sistem elektrik di kapal yaitu ardupilot mega, motor *brushless*, *electronic speed control* dan motor servo.

Sistem elektronik pada kapal ini berbasis AVR *embedded system* yang terdiri dari ardupilot mega sebagai pengatur jalannya kapal dan arduino uno sebagai pemrosesan data sensor. Pada ardupilot mega, input diberikan berupa *waypoint* melalui *radio telemetry* yang kemudian di proses oleh Ardupilot mega dengan membandingkan data koordinat

yang diberikan melalui *mission planner* dengan sensor GPS yang kemudian digunakan untuk menggerakkan aktuator ke arah koordinat *waypoint* yang sudah diberikan. Pada arduino uno digunakan untuk memproses data yang terbaca oleh sensor yang apabila terdeteksi adanya minyak maka arduino uno akan mengirimkan data lokasi yang terbaca pada GPS menuju ke GCS melalui *radio telemetry*.

Pada perancangan sistem elektrik kapal, terdapat beberapa sensor yang digunakan seperti sensor digital kompas, GPS, sensor pendeteksi minyak.

3.2.1 Digital kompas

Desain arsitektur *hardware* kapal pada penelitian ini menggunakan sensor kompas digital untuk mengetahui arah dari kapal. Kompas ini mampu memberikan informasi arah secara mutlak berdasarkan magnet bumi. Dalam pengaplikasiannya, sensor kompas dikombinasikan dengan modul ardupilot sebagai bagian dari sistem navigasi otomatis untuk menentukan arah kapal terhadap arah tujuan.

3.2.2 GPS

GPS menyediakan informasi dan waktu disemua kondisi cuaca, dimanapun tempatnya yang terjangkau oleh satelit. Penggunaan GPS pada penelitian ini yaitu menggunakan GPS tipe Ublox Neo 6M GPS dan MAG yang terintegrasi dengan modul ardupilot mega. GPS adalah sensor utama dalam melakukan navigasi otomatis dari tempat yang satu ke tempat yang lain.

3.2.3 Sensor Pendeteksi Minyak

Desain sensor pendeteksi minyak pada penelitian ini menggunakan metode konduktivitas dimana terdapat 2 buah probe yang dimasukkan kedalam air. Probe tersebut diberi arus yang kemudian dibaca hasil pembagian tegangannya. Pembacaan data dari sensor kemudian dibandingkan antara ketika probe saat dimasukkan kedalam air dan saat dimasukkan kedalam air dengan konsentrasi minyak yang berbeda - beda.

3.3 Perancangan Sistem Navigasi *Waypoint*

Perancangan sistem navigasi pada kapal terdiri dari sistem navigasi otomatis *waypoint* dan perancangan sistem navigasi manual.

3.3.1 Sistem navigasi *waypoint*

Sistem navigasi *waypoint* merupakan salah satu sistem navigasi otomatis yang mengacu pada titik-titik *waypoint* berupa koordinat *longitude* dan *latitude* yang telah ditentukan. Pada penelitian ini sistem navigasi *waypoint* menggunakan ardupilot mega (APM). Modul APM telah mendukung sistem yang dapat diterapkan pada kapal yang telah diintegrasikan dengan GPS Ublox Neo 6m dan kompas digital. Dengan sistem autopilot yang terdapat pada modul APM, memungkinkan kapal untuk mencapai *waypoint* yang telah ditentukan. *Waypoint* dapat ditandai dengan program aplikasi yang mendukung pada modul ardupilot tersebut seperti program *computer mapping* atau *mission planner*. Hasil integrasi modul ardupilot dengan sistem navigasi pada kapal terlihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Hasil perancangan modul ardupilot yang terintegrasi dengan aktuatur kapal.



Gambar 3.8 Penentuan *waypoints* menggunakan aplikasi mission planner.

Contoh pengaturan *waypoints* melalui program *mission planner* seperti terlihat pada Gambar 3.8 yang nantinya akan dilakukan pengunggahan kedalam modul ardupilot sebagai acuan target navigasi secara otomatis berdasarkan *waypoints* pada kapal.

3.3.2 Sistem navigasi manual

Sistem navigasi manual pada kapal digunakan untuk dapat menggerakkan kapal secara manual menggunakan remote kontrol (RC) apabila terjadi *error* atau menggerakkan kapal menuju tempat tertentu yang tidak dapat dijangkau pada sistem navigasi otomatis. Pada perancangan sistem navigasi manual ini, remote kontrol yang digunakan adalah *remote control* merk FLY SKY dengan tipe FS-GT3B 2.4 GHz yang memiliki 3 kanal (*channel*) kerja. Fungsi kanal pada remote kontrol menyesuaikan kebutuhan pada proyek akhir ini seperti terlihat pada Gambar 3.9.

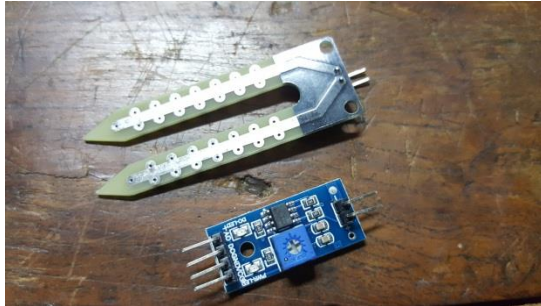
Sistem navigasi manual memanfaatkan beberapa kanal pada remote kontrol sebagai bagian dari pengaturan kecepatan dan kemudi kapal.

3.4 Perancangan Sensor Pendeteksi Minyak di Perairan

Perancangan sensor pendeteksi minyak di perairan menggunakan dua buah probe yang dialiri oleh arus listrik. Pada penelitian ini digunakan sebuah modul sensor *moisture* (kelembaban tanah) terlihat pada Gambar 3.10 Modul sensor kelembaban tanah YL-69.



Gambar 3.9 Perancangan fungsi kanal pada remote kontrol.



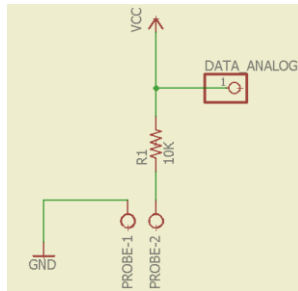
Gambar 3.10 Modul sensor kelembaban tanah YL-69.

Spesifikasi sensor kelembaban tanah YL-69 ditunjukkan pada Tabel 3.1. Pada modul tersebut terdapat dua buah probe yang kemudian dialiri arus oleh rangkaian pembagi tegangan. Konstruksi rangkaian pembagian tegangan terlihat pada Gambar 3.11.

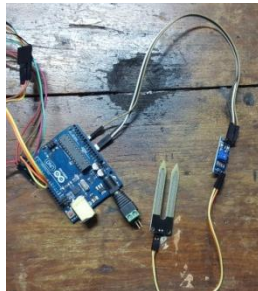
Hasil pembagian tegangan kemudian dimasukkan kedalam rangkaian ADC pada arduino uno untuk diolah. Angka ADC pada arduino dipetakan menjadi prosentase kadar minyak yang ada dalam air. Hasil penerapan modul sensor dengan arduino uno terlihat pada Gambar 3.12.

Tabel 3.1 Spesifikasi Sensor Kelembaban Tanah YL-69.

<i>Operating voltage</i>	<i>DC 3.3 V – 5 V</i>
<i>Output voltage signal</i>	<i>0 ~ 4.2 V</i>
<i>Current</i>	<i>35 mA</i>
<i>Size</i>	<i>60 x 20 x 5 mm</i>
<i>LED</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Power indicator (Red)</i> <i>Digital switching output indicator (Green)</i>
<i>Pin</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>VCC external 3.3 V – 5 V</i> • <i>GND external GND</i> • <i>DO digital output interface (0 and 1)</i> • <i>AO analog output interface (0 ~ 4.2V)</i>



Gambar 3.11 Rangkaian pembagi tegangan.

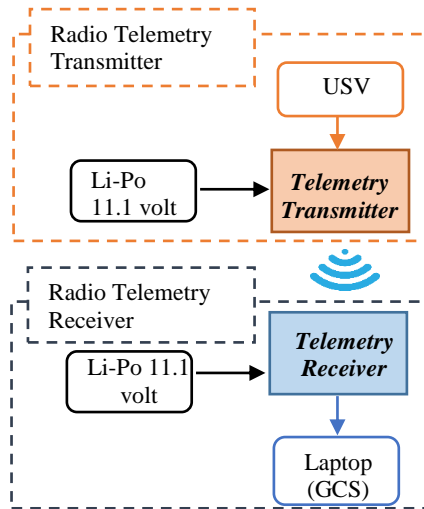


Gambar 3.12 Perancangan modul sensor pada arduino uno.

3.5 Perancangan Sistem Komunikasi Kapal dengan *Ground Control Station*

Perancangan sistem komunikasi kapal menggunakan sebuah modul *radio telemetry* yang telah terintegrasi dengan sistem *autonomous* pada kapal. Perancangan sistem komunikasi ini dilakukan dengan mengirimkan data secara terus menerus untuk sistem *autonomous* dan mengirimkan data lokasi apabila sensor minyak mendeteksi adanya minyak pada perairan yang dilalui oleh kapal dengan memanfaatkan modul *radio telemetry*.

Perangkat *radio telemetry* ini terdiri dari bagian pemancar dan penerima yang memiliki frekuensi kerja 915 MHz pada modul ardupilot mega dan frekuensi kerja 433 MHz pada arduino uno. Perancangan sistem komunikasi ini terlihat pada Gambar 3. 13.



Gambar 3. 13 Blok diagram sistem komunikasi ardupilot mega dengan *ground control station*.

Hasil penerapan sistem komunikasi kapal dengan *ground control station* terlihat seperti pada Gambar 3.14 yang terdiri dari penempatan modul *radio telemetry transmitter* pada bagian lambung kapal.



Gambar 3.14 Penempatan modul *radio telemetry* pada kapal.

Sedangkan pada bagian *receiver* yang diletakkan pada *ground control station*, dihubungkan pada laptop seperti terlihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pemasangan modul telemetry pada *ground control station*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah proses perencanaan dan pembuatan sistem telah selesai, maka perlu dilakukan pengujian bagian – bagian sistem yang diterapkan pada kapal tanpa awak (USV) untuk mengetahui kesesuaian dari sistem dengan target ketercapaian yang nantinya akan diintegrasikan pada sistem secara keseluruhan yang diterapkan pada kapal.

Proses pengujian pada penelitian ini menjadi beberapa proses pengujian, antara lain:

1. Pengujian lambung kapal.
2. Pengujian sistem aktuator.
3. Pengujian navigasi *waypoint* dengan modul ardupilot.
4. Pengujian sensor pendeteksi minyak di air.
5. Pengujian sensitivitas sensor pendeteksi minyak di air.
6. Pengujian sistem komunikasi menggunakan *radio telemetry*.

4.1 Pengujian Lambung Kapal

Pengujian lambung kapal bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya tampung *payload* pada kapal. Prosedur untuk pengujian lambung kapal antara lain:

- a. Proses pembebanan *payload* kapal dilakukan secara bertahap dengan melakukan penambahan beban sebesar 1kg.
- b. Proses pembebanan kapal didasarkan pada titik bagian lambung kapal yang masuk kedalam air dengan maksimal ketinggian 6cm seperti pada Gambar 4.1.

Hasil dari pengujian pembebanan lambung kapal tertera pada tabel 4.1 dengan ketentuan seperti pada prosedur sebelumnya.



Gambar 4.1 Pengujian pembebanan kapal.

Tabel 4.1 Data pengujian pembebanan pada kapal.

No	Berat <i>payload</i> (gram)	Tinggi Titik Apung (cm)	Titik Apung Kapal (%)
1	0	1,0	17%
2	1000	1,9	32%
3	2000	3,1	52%
4	3000	4,1	68%
5	4000	5,2	87%
6	5000	6,3	<i>Overload</i>

Berdasarkan data pengujian dapat diketahui karakteristik lambung kapal yang menampung beban maksimal pada *payload* sebesar 4kg untuk mencapai kestabilan saat berada di air dengan prosentase titik apung sebesar 87%.

4.2 Pengujian Sistem Aktuator

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari motor servo dengan pengaturan input *duty cycle* PWM dari mikrokontroler dan mendapatkan nilai PWM yang dibutuhkan oleh motor servo untuk setiap perubahan sudut 0 sampai 180 derajat.

Prosedur pengujian awal dilakukan pengaturan masukan *duty cycle* dari mikrokontroler sebagai bahan untuk mengatur sistem aktuator motor servo. Pengaturan prosentase *duty cycle* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut

$$\%duty\ cycle = (Th / T) \times 100\%.$$

Dimana:

Th = Periode high (ms).

T = Periode total (ms).



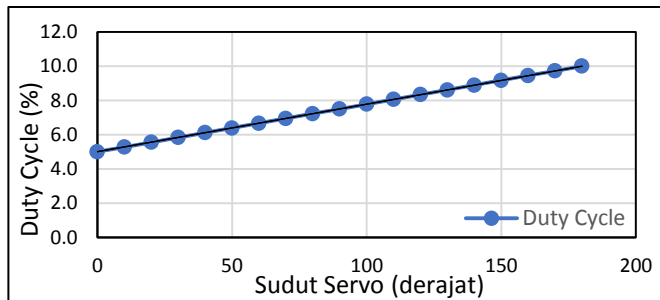
Gambar 4.2 Pengujian perubahan sudut motor servo.

Tabel 4.2 Data pengujian perubahan sudut motor servo.

Duty Cycle (%)	Periode Output		Pergerakan Sudut Servo (Derajat)		Error %
	Th(ms)	T (ms)	Hasil Pengujian	Teori	
5,0	0,25	20	0	0	0,00%
5,6	0,28	20	20	20,2	1,00%
6,1	0,31	20	40	39,8	0,50%
6,7	0,33	20	60	60,2	0,33%
7,2	0,36	20	80	80,9	1,13%
7,5	1,50	20	90	90	0,00%
7,8	1,56	20	100	100,2	0,20%
8,1	1,61	20	110	109,6	0,36%
8,3	1,67	20	120	120,2	0,17%
8,9	1,78	20	140	139,6	0,29%
9,4	1,89	20	160	160,4	0,25%
10,0	2,00	20	180	180	0,00%

Pengambilan data nilai *duty cycle* PWM pada motor servo dilakukan pada sudut 0-180⁰ dan dibandingkan dengan perhitungan secara teori untuk mengetahui prosentase error dari hasil pengujian. Hasil pengujian dari sistem aktuator dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Pada grafik pada Gambar 4.3, dapat diketahui perubahan sudut servo berkerja pada *duty cycle* 5-10% atau pada periode *high* (Th) 1-2ms dengan frekuensi 50Hz. Perubahan *duty cycle* diatur oleh mikrokontroler sebagai sistem pengaturan nilai PWM yang masuk pada input motor servo untuk menentukan sudut motor servo.



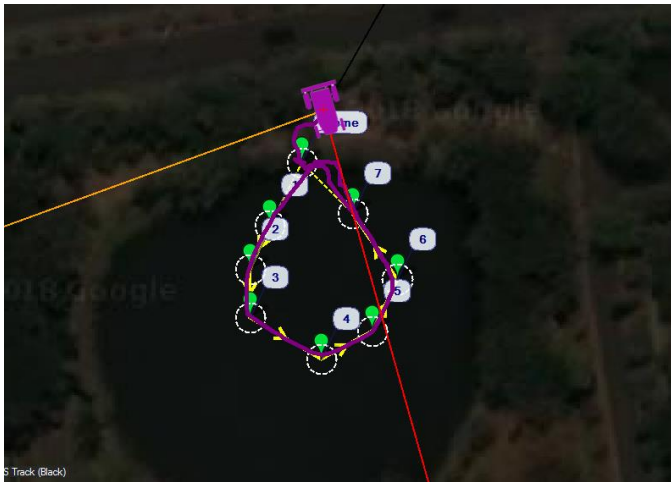
Gambar 4.3 Grafik perubahan sudut servo berdasarkan input *duty cycle*

4.3 Pengujian Navigasi Waypoints Ardupilot Mega

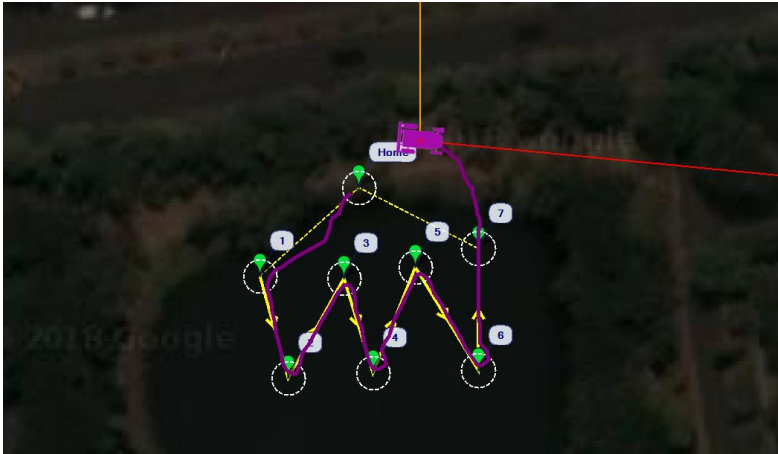
Pengujian navigasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi GPS dalam pencapaian target *waypoint* yang telah ditentukan pada sistem navigasi. Sistem navigasi menggunakan modul ardupilot yang telah terintegrasi dengan GPS u-blox NEO-6M dan digital kompas HMC5883L. *Update rate* sistem GPS sebesar 10Hz.

Prosedur pengujian pertama-tama ditentukan titik *waypoints* dengan bentuk melingkar, persegi dan zigzag. Dalam pengujian ini modul ardupilot diintegrasikan dengan sistem aktuator pada kapal.

Prosentase kecepatan pada pengujian navigasi didasarkan pada prosentase pengaturan pada *mission planner* yang diolah oleh ardupilot kemudian dihubungkan pada ESC dan motor *brushless* DC pada kapal. Hasil pengujian dengan *waypoints* navigasi dapat dilihat pada Gambar 4.4 dengan pengaturan sesuai prosedur.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Hasil pengujian sistem navigasi *waypoint*, (a) lintasan melingkar, (b) lintasan *zig-zag*, (c) lintasan kotak.

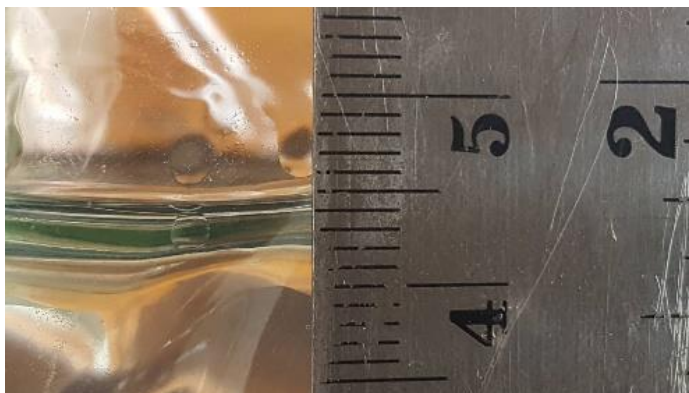
Dari pengujian sistem navigasi *waypoint* ardupilot mega dapat terlihat bahwa pergerakan kapal telah berhasil mengikuti garis lintasan yang telah diberikan dari *mission planner*. Pembacaan kecepatan pada software *mission planner* adalah sebesar 0.8 m/s. Garis berwarna kuning pada Gambar 4.4 adalah lintasan *waypoint* yang diberikan dan garis berwarna ungu adalah hasil trayektori dari USV.

4.4 Pengujian Sensitivitas Sensor Pendeteksi Minyak

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dari sensor kelembaban tanah dalam mendeteksi adanya minyak dan air.

Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor kelembaban tanah dengan analog input dari arduino uno. Sistem pengambilan data dengan memberi air pada wadah tertentu dengan diameter 8cm dan tinggi 12cm diisi dengan air setinggi 4cm. Hasil pembacaan pada ADC pada saat air tersebut yaitu 379 ~ 381.

Kemudian pada wadah akan ditambahkan minyak hingga nilai sensor berubah secara signifikan, dan didapatkan nilai ADC yang berubah secara signifikan yaitu naik 10 angka menjadi 390 (389 ~ 391) saat ketebalan minyak sebesar 3mm. Penambahan minyak dengan ketebalan 3 mm dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5.





Gambar 4.5 Penambahan minyak dengan ketebalan 3 mm.




4.5 Pengujian Sensor Pendeteksi Minyak


Pada pengujian sensor pendeteksi minyak ini bertujuan untuk mengetahui apakah metode konduktivitas dapat mendeteksi adanya minyak dan mengetahui tingkat keakurasian pembacaan dari sensor.

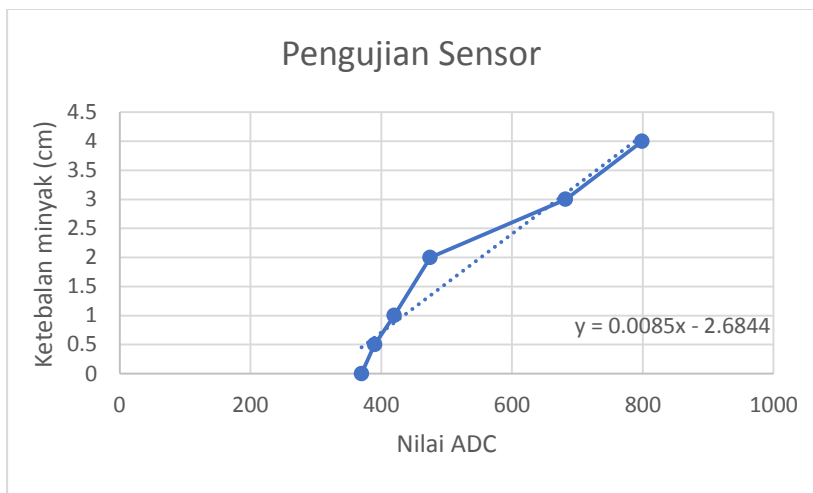
Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor kelembaban tanah dengan analog input dari arduino uno. Sistem pengambilan data dengan memberi air pada wadah tertentu dengan diameter 8cm dan tinggi 12cm diisi dengan air setinggi 4cm yang kemudian diberi minyak dengan perkiraan 10% dari perbandingan air pada wadah tersebut. Hasil pembacaan pada ADC kemudian dibandingkan saat air tanpa minyak dan saat air diberikan minyak dengan ketebalan minyak tertentu.

Tabel 4.3 Data pengujian sensor pendeteksi minyak.

No	Hasil Pengujian	Keterangan
1		Ketinggian Air: 4cm Pembacaan ADC: 370
2		Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 0.5cm Pembacaan ADC: 395

No	Hasil Pengujian	Keterangan
3		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 1cm Pembacaan ADC: 420</p>
4		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 2cm Pembacaan ADC: 475</p>
5		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 3cm Pembacaan ADC: 682</p>

No	Hasil Pengujian	Keterangan
6		Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 4cm Pembacaan ADC: 799



Gambar 4.6 Grafik perubahan nilai ADC terhadap ketebalan minyak.

Dari grafik seperti pada Gambar 4.6, dapat diketahui perubahan nilai ADC terhadap ketebalan minyak. Dari perubahan data tersebut dapat dianalisa bahwa sensor kelembaban tanah dapat mendeteksi perbedaan antara air saja dan air yang telah diberi minyak.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian komunikasi *radio telemetry*.

No	Frekuensi	Jarak Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1	915 MHz	100 meter	Berhasil	Pengujian di lokasi / area terbuka (outdoor)
2	915 MHz	200 meter	Berhasil	
3	915 MHz	300 meter	Berhasil	
4	915 MHz	400 meter	Berhasil	
5	915 MHz	500 meter	Berhasil	
6	915 MHz	600 meter	Berhasil	
7	915 MHz	700 meter	Gagal	

4.6 Pengujian Komunikasi *Radio Telemetry*

Pengujian dari sistem komunikasi *radio telemetry* bertujuan untuk mengetahui efisiensi dan jarak maksimal dari sistem pengiriman data dari kapal menuju ke *ground control station* yang berada di daratan.

Prosedur dari pengujian ini adalah menghubungkan rangkaian *telemetry* sisi *transmitter* pada arduino yang telah diberi catu daya. Pada *telemetry receiver* dihubungkan dengan PC dan aplikasi serial monitor. Pengujian pertama *radio telemetry receiver* dan *transmitter* ditempatkan pada ruang terbuka. Hasil pengujian di ruang terbuka dapat dilihat pada Tabel 4. 4.

4.7 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketercapaian sistem dalam melakukan navigasi berdasarkan titik koordinat GPS pada lokasi pengujian. Serta menguji keberhasilan pendeteksian sensor secara *real time* pada area rute navigasi.

Prosedur pengujian akhir sistem pertama-tama dilakukan pengaturan titik-titik *waypoint* menggunakan aplikasi *mission planner* yang nantinya akan diupload kedalam modul APM sebagai target rute navigasi. Lokasi pengujian bertempat di Danau Delapan ITS. Pengambilan data pada pengujian akhir ini dengan memantau nilai ADC yang terbaca oleh sensor pada *ground control station*. Posisi kapal saat mencapai *home* ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hasil pengujian navigasi kapal dapat dilihat pada Tabel 4.5.



Gambar 4.7 Posisi kapal saat di Home.

Tabel 4.5 Hasil pengujian navigasi

Percobaan Ke-	Hasil Pengujian Navigasi				
	Home-WP1	WP1 – WP2	WP3- WP4	WP4 – WP5	WP6- WP7
1	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses
2	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses
3	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses
4	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses
5	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses	Sukses

Kemudian untuk pengujian sensor pendeteksi minyak dilakukan dalam skala laboratorium dan pengujian sensor berhasil mendeteksi apabila terdapat minyak pada air dan akan mengirimkan lokasi saat sensor mendeteksi adanya tumpahan minyak ke *ground control station*. Pengujian ini dilakukan beberapa kali dengan menggunakan dua wadah yaitu wadah yang hanya berisi air dan wadah yang berisi air dengan minyak, seperti pada Gambar 4.8, untuk membandingkan pembacaan sensor saat terkena air saja dan terkena air dengan minyak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Data lokasi yang dikirimkan oleh Arduino Uno cukup akurat dengan pergeseran sebesar 30cm, hal ini diakibatkan karena posisi sensor dan GPS tidak dalam satu titik.

Tabel 4.6 Hasil pengujian pendeteksian minyak di air.

Percobaan ke-	Air	Air dengan Minyak
1	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
2	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
3	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi
4	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi



Gambar 4.8 Pengujian sistem pendeteksi minyak.

Untuk pengujian keseluruhan sistem, sensor pendeteksi minyak dipasang pada lambung kapal seperti pada Gambar 4.9 yang kemudian dipantau pembacaan ADC nya dan kemudian diberi minyak dan diamati apakah sistem dapat mengirimkan lokasi dari tempat pengujian menuju *ground control station*.



Gambar 4.9 Peletakan sensor pendeteksi minyak pada lambung kapal bagian bawah.



Gambar 4.10 Hasil pengujian sistem autonomous dengan pembacaan sensor secara *realtime*.

Dari hasil pengujian, kapal dapat berjalan secara *autonomous* dan mengirimkan data sensor secara *realtime* ke *ground control station* menggunakan *radio telemetry* seperti terlihat pada Gambar 4.10.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil dari perancangan alat serta pengukuran dari sistem Unmanned Surface Vehicle untuk Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan Ardupilot Mega, dapat diambil kesimpulan bahwa USV dapat mendeteksi lokasi tumpahan minyak dengan metode *waypoint* yang diberikan pada ardupilot mega dengan ketebalan minyak minimal 3mm.

Hasil perancangan lambung katamaran dapat menampung beban maksimal dengan payload sebesar 4 kg dengan prosentase titik apung sebesar 87%.

Navigasi pada Ardupilot mega mampu membuat kapal berjalan secara autonomous menuju titik *waypoint* yang telah diberikan dengan kesesuaian antara garis navigasi dan pergerakan kapal di air.

Sensor konduktivitas mampu mendeteksi minyak di air menggunakan rangkaian pembagian tegangan, dimana nilai pembacaan sensor berbanding lurus terhadap ketebalan minyak.

Sistem komunikasi antara kapal dengan ground control station menggunakan modul radio telemetry untuk transmisi data navigasi memiliki jarak pantau maksimal sebesar ± 600 meter bergantung pada jenis antena yang digunakan serta interferensi dari luar seperti gedung, pepohonan dan sinyal frekuensi di lingkungan sekitar.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan agar pemilihan sensor dengan akurasi tinggi sangat diperhitungkan untuk lebih sensitif dalam mendeteksi adanya minyak di air.

Sistem pemantauan jarak jauh secara real time perlu dilakukan pengembangan dalam penggunaan antena yang memiliki tingkat gain transmisi sinyal yang tinggi untuk meningkatkan jarak transmisi data antara kapal dengan ground control station.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Qu, J. Wang, S. Xin, M. Qin, dan J. Dong, "A System for Detecting Sea Oil Leak Based on Video Surveillance," dalam *2011 Third Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System (PACCS)*, 2011, hlm. 1–3.
- [2] R. Garelo dan V. Kerbaol, "Oil pollution monitoring: An integrated approach," dalam *2017 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems (EESMS)*, 2017, hlm. 1–6.
- [3] K. C. Media, "Tabrakan Kapal Tanker Sebabkan 300 Ton Minyak Tumpah, Kepri Waspada," *KOMPAS.com*. [Daring]. Tersedia pada: <http://regional.kompas.com/read/2017/01/06/18550561/tabrakan.kapal.tanker.sebabkan.300.ton.minyak.tumpah.kepri.waspada>. [Diakses: 27-Nov-2017].
- [4] M. Migliaccio, F. Nunziata, A. Montuori, X. Li, dan W. G. Pichel, "A Multifrequency Polarimetric SAR Processing Chain to Observe Oil Fields in the Gulf of Mexico," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 49, no. 12, hlm. 4729–4737, Des 2011.
- [5] Z. Syah Putra, M. Rivai, dan S. Suwito, "Sistem Sensor Kualitas Minyak Berdasarkan Pada Pengukuran Kapasitansi Dan Panjang Berkas Pembiasan Cahaya," *J. Tek. POMITS Vol2*, vol. 2, Jan 2013.
- [6] Z. H. Arum, C. S. Widodo, dan G. Saroja, "Studi Pengukuran Nilai Konstanta Dielektrik Oli Berbagai Viskositas Pada Frekuensi 100 Hz - 2000 Hz," *Brawijaya Phys. Stud. J.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [7] Nano Bagus S, Ir. M. Julius, ST. MT., dan R. Arief, ST. MT., "Perancangan Sensor Konduktivitas Dengan Teknologi Film Tebal (Thick Film)," *Jur. Tek. Univ. Brawijaya*, hlm. 5, Des 2013.
- [8] Ahmad Zurkoni, Ali Husein Alasiry, dan Irwan Kurnianto Wibowo, *RANCANG SISTEM MULTI NAVIGASI DAN PEMANTAUAN WILAYAH PADA ROBOBOAT AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV)*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2016.
- [9] F. R. Saputra dan M. Rivai, "Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint," *J. Tek. ITS Vol 7*, 2018.
- [10] "kapalcatamaran.jpg (448×268)." [Daring]. Tersedia pada: <http://batamtoday.com/media/news/kapalcatamaran.jpg>. [Diakses: 02-Jun-2018].




- [11] "20141024_202404_kri-klewang.jpg (700×393)." [Daring]. Tersedia pada: http://cdn2.tstatic.net/tribunnews/foto/bank/images/20141024_202404_kri-klewang.jpg. [Diakses: 02-Jun-2018].
- [12] Wasimun, "Macam-macam Kemudi kapal Rudder." .
- [13] "images (275×183)." [Daring]. Tersedia pada: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRabOw89P_CP1Ai23aymH8QxGUXwvuTwM-ctPDxJ7MNs8SWFYCaew. [Diakses: 02-Jun-2018].
- [14] "images (236×214)." [Daring]. Tersedia pada: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTcvMVNM8rJre1nZzGnFLI7riIoXtw3iz-9pRoOsMMGOmZMuQl>. [Diakses: 02-Feb-2018].
- [15] R. P. Saputra *dkk.*, "Perancangan dan Pengujian Awal Kendali Motor DC Brushless Untuk Independent 4-Wheel Drive Platform Robot Rev-11," *Pus. Penelit. Tenaga List. Dan Mekatronik - LIPI*, Des 2011.
- [16] "mg995-servo-motor-analog-1701-65-B.jpg (494×390)." [Daring]. Tersedia pada: <http://www.jsumo.com/mg995-servo-motor-analog-1701-65-B.jpg>. [Diakses: 02-Jun-2018].
- [17] T. Dermanto, "Pengertian dan Prinsip Kerja Motor Servo," *desain sistem kontrol*. .
- [18] "Electronic speed control," *Wikipedia*. 20-Sep-2017.
- [19] "diagram+blok+esc.png (556×230)." [Daring]. Tersedia pada: http://3.bp.blogspot.com/-8_FJGKPuXCw/VAzyjhmXAzI/AAAAAAAAAAbg/MOK6yHAT_oo/s1600/diagram%2Bblok%2Besc.png. [Diakses: 02-Feb-2018].
- [20] D. Arief Rahman K., M. Rivai, dan R. Dikairono, "Sistem Navigasi Pada Balon Udara Menggunakan GPS dan Kontrol Logika Fuzzy," *J. Tek. ITS Vol 5*, Jun 2016.
- [21] "avionicswiringschematics-140507125459-phpapp02-thumbnail-4.jpg (768×594)." [Daring]. Tersedia pada: https://cdn.slidesharecdn.com/ss_thumbnails/avionicswiringschematics-140507125459-phpapp02-thumbnail-4.jpg?cb=1399467502. [Diakses: 02-Feb-2018].
- [22] R. Watiasih, M. Rivai, R. A. Wibowo, dan O. Penangsang, "Path planning mobile robot using waypoint for gas level mapping," dalam *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2017, hlm. 244–249.




- [23] I. Priyanta, M. Rivai, dan R. Dikairono, *Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation*, vol. 5. 2016.
- [24] “Arduino,” *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*. 11-Des-2017.
- [25] “Arduino Uno Rev3.” [Daring]. Tersedia pada: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Diakses: 02-Jun-2018].

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----




LAMPIRAN




1. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Pertamina

No	Hasil Pengujian		Keterangan
1			Ketinggian Air: 4cm Pembacaan ADC: 375
2			Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 0.5cm Pembacaan ADC: 393
3			Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 1cm Pembacaan ADC: 430




No	Hasil Pengujian	Keterangan
4		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 2cm Pembacaan ADC: 468</p>
5		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 3cm Pembacaan ADC: 489</p>
6		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 4cm Pembacaan ADC: 567</p>




2. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Pertamina Plus

No	Hasil Pengujian	Keterangan
1		<p>Ketinggian Air: 4cm Pembacaan ADC: 373</p>
2		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 0.5cm Pembacaan ADC: 476</p>
3		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 1cm Pembacaan ADC: 548</p>

No	Hasil Pengujian	Keterangan
4		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 2cm Pembacaan ADC: 601</p>
5		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 3cm Pembacaan ADC: 772</p>
6		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 4cm Pembacaan ADC: 832</p>

3. Pengujian Sensor Menggunakan Minyak Bio Solar

No	Hasil Pengujian	Keterangan
1		Ketinggian Air: 4cm Pembacaan ADC: 379
2		Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 0.5cm Pembacaan ADC: 393
3		Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 1cm Pembacaan ADC: 412

No	Hasil Pengujian	Keterangan
4		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 2cm Pembacaan ADC: 538</p>
5		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 3cm Pembacaan ADC: 574</p>
6		<p>Ketinggian Air: 4cm Ketebalan Minyak: 4cm Pembacaan ADC: 647</p>

4. List Program pada Arduino Uno

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>

static const int RXPin = 2, TXPin = 3;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;

//define port

const int IN_Sensor = 0; //define port adc0 sebagai input sensor
//.....
//.....
// The TinyGPS++ object
TinyGPSPlus gps;
// The serial connection to the GPS device
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);
//define variabel
double Lat_Data;
double Long_Data;
int Sens_Data;
//.....

void setup(){
  Serial.begin(57600);
  ss.begin(GPSBaud);
  pinMode(Led1,OUTPUT);pinMode(Led2,OUTPUT);

  pinMode(Btn1,INPUT);pinMode(Btn2,INPUT);pinMode(Btn3,INPUT);
  Serial.println("PEMANTAUAN LOKASI TUMPAHAN MINYAK");
  delay(500);
}

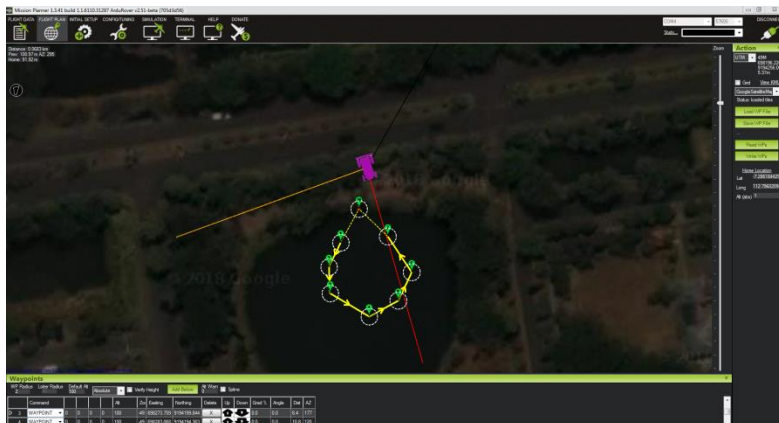
void loop(){
  while (ss.available() > 0){
    gps.encode(ss.read());
    if (gps.location.isUpdated()){
      Lat_Data = gps.location.lat(); //baca data GPS dan ditampung di
      variabel Data
    }
  }
}
```

```

    Long_Data = gps.location.lng();//baca data GPS dan ditampung di
variabel Data
}
//fungsi baca rutin adc (sensor)
Sens_Data = analogRead(IN_Sensor);
if(Sens_Data>=600){
    Serial.print("Ada Minyak di titik: Latitude= ");
Serial.print(gps.location.lat(), 6);
    Serial.print(" Longitude= "); Serial.println(gps.location.lng(), 6);
    Serial.print("Data Sensor=");Serial.println(Sens_Data);
    digitalWrite(Led2, HIGH);delay(200);
}
else {
    digitalWrite(Led2, LOW);
    Serial.print("Data Sensor=");Serial.println(Sens_Data);
    delay(200);
}
}
}
}

```

5. Tampilan Pengaturan Waypoint



Gambar 1. Pengaturan waypoint melingkar.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

RIWAYAT HIDUP



Dedy Permana lahir di Surabaya pada tanggal 5 Juni 1994. Menyelesaikan pendidikannya di SDN Gayungan II Surabaya (2000-2006), SMP Negeri 21 Surabaya (2006-2009), SMA Negeri 18 Surabaya (2009-2012), dikarenakan ayah penulis dulunya sering membongkar dan memperbaiki alat-alat elektronik, membuat penulis melanjutkan perkuliahan di D3 Teknik Elektronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (2012-2015). Semasa berkuliah di PENS, penulis aktif ikut menjadi panitia-panitia dalam kegiatan yang ada di Kampus, salah satunya menjadi *Steering Commitee* pada acara *Java Robot Contest V*. Karena tuntutan orang tua mengharuskan anaknya menjadi sarjana maka penulis melanjutkan jenjang perkuliahannya di program Lintas Jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Fakultas Teknologi Elektro dengan Jurusan Elektro pada Bidang Studi Elektronika (2016-2018).

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----